

1447

AN 127:38172 HCA  
TI Magnesium-aluminum-silicon alloys and manufacture of magnesium alloy parts  
IN Sakamoto, Kazuo; Sakate, Nobuo; Hirahara, Shoji; Yamamoto, Ogino  
PA Mazda Motor Corp., Japan  
SO Jpn. Kokai Tokkyo Koho, 7 pp.  
CODEN: JKXXAF

DT Patent  
LA Japanese  
FAN.CNT 1

	PATENT NO.	KIND	DATE	APPLICATION NO.	DATE
	-----	----	-----	-----	-----
PI	JP 09104942	A2	19970422	JP 1996-17584	19960202 <--
PRAI	JP 1995-192943		19950728		
AB	The Mg alloys contain Al 5.0-10 and (1) Si 0.2-1.0 and Ca 0.05-0.5% or (2) Si 0.4-1.0 and Ca 0.05-0.15%. The parts of Mg alloys contg. 5.0-10% Al and 0.2-1.0 or 0.4-1.0% Si are manufd. by molding in semimolten condition. Creep resistance and tensile strength of the alloys are higher than those of conventional AZ91D at both room and high temp.				

no Sn

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-104942

(43)公開日 平成9年(1997)4月22日

U.S. PTO  
09/727535  
12/04/00

(51)Int.Cl.<sup>6</sup> 識別記号 庁内整理番号 F I 技術表示箇所  
C 2 2 C 23/02 C 2 2 C 23/02  
1/02 5 0 1 1/02 5 0 1 B

審査請求 未請求 請求項の数8 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平8-17584

(22)出願日 平成8年(1996)2月2日

(31)優先権主張番号 特願平7-192943

(32)優先日 平7(1995)7月28日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000003137

マツダ株式会社

広島県安芸郡府中町新地3番1号

(72)発明者 坂本 和夫

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ  
株式会社内

(72)発明者 坂手 宜夫

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ  
株式会社内

(72)発明者 平原 庄司

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ  
株式会社内

(74)代理人 弁理士 大塚 康徳 (外1名)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 マグネシウム合金及び該合金からなる部品の製造方法

(57)【要約】

【課題】室温、高温のいずれにおいても耐クリープ性及び引張強度が優れ、低廉なマグネシウム合金を提供する。

【解決手段】重量%でアルミニウム5.0～10%、硅素0.2～1.0%、カルシウム0.05～0.5%を含有し、残部がマグネシウムからなるマグネシウム合金No.3～6、No.8～11。

表部 Mg 単位重量%

合金No.	Al	Si	Ca	Mn	Zn
1	4.39	0.45	0.0009	0.28	0.10
2	8.84	0.02	<0.0002	0.22	0.90
3	8.59	0.20	<0.0002	0.15	0.62
4	8.68	0.48	<0.0002	0.21	0.83
5	8.55	0.82	<0.0002	0.22	0.64
6	8.69	0.93	<0.0002	0.22	0.63
7	8.80	0.92	0.02	0.21	0.66
8	8.80	0.90	0.10	0.28	0.70
9	8.76	0.93	0.14	0.24	0.67
10	8.68	0.89	0.20	0.26	0.62
11	8.70	0.90	0.49	0.21	0.65

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 重量%でアルミニウム5.0～10%、  
硅素0.2～1.0%、カルシウム0.05～0.5%  
を含有し、残部がマグネシウムからなることを特徴とする  
マグネシウム合金。

【請求項2】 重量%でアルミニウム5.0～10%、  
硅素0.4～1.0%、カルシウム0.05～0.15%  
を含有し、残部がマグネシウムからなることを特徴とする  
マグネシウム合金。

【請求項3】 前記マグネシウム合金は、半熔融射出成  
形にて所望の形状に成形されることを特徴とする請求項  
1又は請求項2に記載のマグネシウム合金。

【請求項4】 前記マグネシウム合金に、さらに重量%  
で0.1%以下のストロンチウムを含有したことを特徴  
とする請求項1乃至請求項3のいずれかに記載のマグネ  
シウム合金。

【請求項5】 重量%でアルミニウム5.0～10%、  
硅素0.2～1.0%を含有し、残部がマグネシウムか  
らなるマグネシウム合金からなる部品を、半熔融成形に  
て成形することを特徴とするマグネシウム合金からなる  
部品の製造方法。

【請求項6】 重量%でアルミニウム5.0～10%、  
硅素0.4～1.0%を含有し、残部がマグネシウムか  
らなるマグネシウム合金からなる部品を、半熔融成形に  
て成形することを特徴とするマグネシウム合金からなる  
部品の製造方法。

【請求項7】 前記マグネシウム合金に、さらに重量%  
で0.1%以下のストロンチウムを含有したことを特徴  
とする請求項5又は請求項6に記載のマグネシウム合金  
からなる部品の製造方法。

【請求項8】 前記マグネシウム合金からなる部品は、  
100℃から250℃の範囲の温度で使用される部品で  
あることを特徴とする請求項5乃至請求項7のいずれか  
に記載のマグネシウム合金からなる部品の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、マグネシウム合金  
及び該合金からなる部品の製造方法に関し、例えば、機  
械的強度を向上させた耐熱マグネシウム合金と、このマ  
グネシウム合金を自動車のミッション部品やエンジン関  
係部品等のように100℃～250℃の高温下で適用で  
きるマグネシウム合金からなる部品の製造方法に関する  
ものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来、ダイカスト用マグネシウム合金と  
して最も一般的に用いられるものとして、アルミニウム  
-亜鉛系合金(AZ系合金)があり、例えば、ASTM、AZ91  
Dがある。これらのAZ系合金は、鋳造性、耐食性が良好  
であり、自動車用トランスミッションケース、バルブカ  
パー等に広く適用されている。

【0003】一方、耐熱マグネシウム合金には、大別し  
て以下の2種類がある。即ち、

①アルミニウム-シリコン系合金(AS系合金)：Al≤4.  
5wt%、Zn≤0.1wt%、Mn≤0.35wt%、Si≤1.0wt%をマグネ  
シウムに添加した合金、例えば、ASTM、AS41、

②AE、QE、WE系合金：Ag、Y、R、Eを一種以上添加したマ  
グネシウム合金。

【0004】上記マグネシウム合金に関連する従来技術  
は、種々提案されている。例えば、特開平6-2350  
41号には、0.5wt%≤Ca≤3.0wt%、0.05wt%≤Zr≤0.8wt  
%をマグネシウムに添加したマグネシウム合金が開示さ  
れている。

【0005】また、特開昭63-109138号には、  
1.0wt%≤Al≤5.5wt%、0.2wt%≤Si≤1.5wt%、0.1wt%≤Mn  
≤1.0wt%、Zn≤2.0wt%、及びTiを含有するマグネシウム  
合金が開示されている。

【0006】また、特開平2-47238号には、Al、S  
i、Ca等を0.1wt%以上10wt%以下で添加した、マグネシウ  
ム合金が開示されている。

【0007】また、特開平6-73485号には、Znを  
0.2wt%≤Zr≤0.8wt%で添加したZr：Zn：RE系のマグネシウ  
ム合金が開示されている。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述の従来  
技術のマグネシウム合金において、AZ系合金とりわけAZ  
91Dは、室温での強度特性に優れるが、120℃以上で  
の高温強度、特に耐クリープ性に劣るという欠点があ  
る。このため、部品として使用する際には、ネジ締結部  
分の座面がへたる等の問題が発生する。

【0009】また、AS系合金では耐クリープ性に優れる  
が、室温、高温下で機械的強度が低いという欠点があ  
る。また、AE、QE、WE系合金では、耐クリープ性及び機械  
的強度共に優れているが、高価な貴金属、若しくは希土  
類元素を添加しているため、非常に不経済であるという  
欠点がある。また、AS41を半熔融成形にて自動車のミッ  
ション系の部品として製造する場合、AS41は固相と液相  
の共存温度域の小さい合金なので製造が困難であるとい  
う欠点がある。

【0010】本発明はかかる点に鑑みてなされたもので  
あり、その目的とするところは、室温、高温のいずれに  
おいても従来の合金AZ91Dよりも耐クリープ性及び引張  
強度が優れ、低廉なマグネシウム合金及び該合金からな  
る部品の製造方法を提供することである。

## 【0011】

【課題を解決するための手段】上述の問題点を解決し、  
目的を達成するために、この発明に係わるマグネシウム  
合金は、以下の特徴を備える。即ち、重量%でアルミニ  
ウム5.0～10%、硅素0.2～1.0%、カルシウ  
ム0.05～0.5%を含有し、残部がマグネシウムか  
らなる。

【0012】また、重量%でアルミニウム5.0～10%、珪素0.4～1.0%、カルシウム0.05～0.15%を含有し、残部がマグネシウムからなる。

【0013】また、好ましくは、前記マグネシウム合金は、半熔融射出成形にて所望の形状に成形される。

【0014】また、好ましくは、前記マグネシウム合金に、さらに重量%で0.1%以下のストロンチウムを含有した。

【0015】また、この発明に係わるマグネシウム合金からなる部品の製造方法は、以下の特徴を備える。即ち、重量%でアルミニウム5.0～10%、珪素0.2～1.0%を含有し、残部がマグネシウムからなるマグネシウム合金からなる部品を、半熔融成形にて成形する。

【0016】また、重量%でアルミニウム5.0～10%、珪素0.4～1.0%を含有し、残部がマグネシウムからなるマグネシウム合金からなる部品を、半熔融成形にて成形する。

【0017】また、好ましくは、前記マグネシウム合金に、さらに重量%で0.1%以下のストロンチウムを含有した。

【0018】また、好ましくは、前記マグネシウム合金からなる部品は、100℃から250℃の範囲の温度で使用される部品である。

【0019】以上のように、本発明のマグネシウム合金においては、重量%でアルミニウム5.0～10%、珪素0.2～1.0%、カルシウム0.05～0.5%を含有し、残部がマグネシウムからなるので、室温、高温のいずれにおいても耐クリープ性及び引張強度が優れ、低廉なマグネシウム合金を提供できる。

【0020】また、本発明のマグネシウム合金からなる部品の製造方法においては、重量%でアルミニウム5.0～10%、珪素0.2～1.0%を含有し、残部がマグネシウムからなるマグネシウム合金からなる部品を、半熔融成形にて成形するので、室温、高温のいずれにおいても耐クリープ性及び引張強度が優れ、低廉なマグネシウム合金からなる部品を提供できる。

【0021】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係わる実施形態につき添付図面を参照して詳細に説明する。

【0022】＜半熔融射出成形機の構成＞図1は、本発明の実施形態に係わるマグネシウム合金を用いてオートマチック車のトランスミッション部品等を製造するための半熔融射出成形機の要部を簡略化して示す図である。

【0023】先ず、図1を参照して、本実施形態としてスクリー式の半熔融射出成形機の概略を説明する。図1において、スクリー式成形機1は、スクリー2を回転させて原料3を加熱シリンダ4に送り込み、スクリー2で原料3を攪拌し十分に混練しながら加熱して半熔融状態にさせる。この半熔融状態の原料3がスクリー

2の前方に押し出されるにつれて、その圧力でスクリー2が後退していく。尚、別の手法として任意の速度で強制的にスクリーを後退させる方法もある。高速射出機構5は予め決められた長さだけスクリー2が後退すると、それを検知してスクリーの回転を停止すると同時にスクリー2の後退が止まるようになっている。原料3の計量は、スクリー3の後退距離を設定することによって行なわれる。そして、スクリー2を高速射出機構5によって前進させることにより、ノズル9から金型6内に半熔融状態の原料3を射出する。原料3は、切り粉状の後述するマグネシウムペレットであり、ホッパ8からシリンダ4内に送り込まれる。また、ホッパ8からシリンダ4内に通じる通路7には、アルゴンガスが充填されるようになっており、原料3がアルゴン雰囲気中に置かれることにより、原料のマグネシウムペレットの酸化反応を防止している。半熔融状態とは、原料を加熱することにより固体状態の原料（以下、固相と呼ぶ）と、液体状態の原料（以下、液相と呼ぶ）とが共存している状態を意味し、ある温度での全原料（液相+固相）に対する固相の割合を固相率と呼ぶ。

【0024】以上説明したスクリー式成形機1では、スクリー2で加熱シリンダ4内の加熱ゾーン1において、原料3を攪拌し十分に混練しながら原料を均一に加熱することができる。

【0025】＜本実施形態のマグネシウム合金及びその製造方法＞次に、本実施形態のマグネシウム合金及びその製造方法について説明する。図2は、本実施形態となる成分範囲に含まれる8種類のマグネシウム合金と、この成分範囲外の3種類の比較例の化学組成を示している。

【0026】（第1実施形態）第1実施形態では、図2に示す化学組成に基づいて、コールドチャンバーダイカストマシンにより、本実施形態及び比較例のマグネシウム合金を製造した。図3～図8は、図2に示す各合金をダイカストにより製造した場合のクリープ試験結果及び引張試験結果であり、図3～図5は、特にSi添加量との関係を示し、図6～図8はCa添加量との関係を示している。また、図3及び図6のクリープ試験条件は、温度；150℃

40 負荷応力；50MPa

試験時間；100h

とした。

【0027】先ず、図3～図5を参照して、本実施形態のマグネシウム合金とSi添加量との関係を説明する。図3、図4において、基準となる合金NO.2（AZ91D）にSiを添加することにより、クリープ特性と0.2%耐力が向上する。特に、クリープ特性の向上は0.2%以上、特に0.4%以上の添加量で顕著となる。また、図5に示すように、合金NO.2（AZ91D）にSiを添加することにより伸びが減少し、添加量が1.0%を超えると室温下における伸

びが約1.0%以下になる。ここで、添加量が1.0%を超えると、鑄造性が著しく悪化して実用的でない。

【0028】次に、図6～図8を参照して、本実施形態のマグネシウム合金とCa添加量との関係を説明する。図6、図7において、合金NO.6を基準としてCaを添加することにより、クリープ特性と0.2%耐力が向上する。特に、クリープ特性の向上は0.05%以上の添加量で顕著となり、0.5%付近で既存の合金AZ41並みの特性を示す。しかし、0.5%以上では改善効果はほとんどなくなる。また、図8に示すように、合金NO.6にCaを添加することにより伸びが減少し、特に、添加量が0.15%を超えると室温下における伸びが約1.0%以下になり、伸びを重視する適用部品ではCa添加量は、0.15%以下が望ましい。

【0029】（第2実施形態）第2実施形態では、図2に示す化学組成に基づいて、半溶融射出成形機により、本実施形態及び比較例のマグネシウム合金を製造した。図9、図10A、図10Bは、図2に示す各合金を半溶融射出成形により製造した場合のクリープ伸び試験、0.2%耐力試験、引張試験結果を夫々示し、特に合金NO.1, 2, 4, 9（図9では、合金NO.11を含む）の試験結果を示している。また、図9のクリープ試験条件は、第1実施形態と同様である。

【0030】図9、図10A、図10Bを参照して、本実施形態のマグネシウム合金のクリープ特性、0.2%耐力及び伸びについて説明する。図9、図10A、図10Bにおいて、本実施形態のマグネシウム合金は、基準となる合金NO.2（AZ 91D）にSi及びCaを添加することにより、クリープ特性と0.2%耐力が向上し、第1実施形態のダイカストで製造した場合と略同様の傾向を示すが、半溶融射出成形法によるものの方がダイカストによるものよりも特性は向上している。特に、Siを添加することにより低下した伸びを改善することが可能である。

【0031】上記第1、第2実施形態で説明したように、本発明に基づく実施形態のマグネシウム合金は、 $5\text{wt}\% \leq \text{Al} \leq 10\text{wt}\%$ 、 $0.2\text{wt}\% \leq \text{Si} \leq 1.0\text{wt}\%$ 、 $0.05\text{wt}\% \leq \text{Ca} \leq 0.5\text{wt}\%$ のAl, Si, Caを添加することにより、室温、高温下での高引張強度と耐クリープ特性を兼ね備えるマグネシウム合金を実現することができる。

【0032】また、ある程度の伸びを必要とする部品の場合には、 $5\text{wt}\% \leq \text{Al} \leq 10\text{wt}\%$ 、 $0.2\text{wt}\% \leq \text{Si} \leq 1.0\text{wt}\%$ 、 $0.05\text{wt}\% \leq \text{Ca} \leq 0.15\text{wt}\%$ のAl, Si, Caを添加することにより、室温、高温下での伸びと耐クリープ特性を兼ね備えるマグネシウム合金を実現することができる。

【0033】更に、 $\text{Sr} \leq 0.1\text{wt}\%$ のSrを添加することにより、半溶融時の固相粒径の粗大化を防止することができる。

【0034】また、上記マグネシウム合金の適用部品としては、オートマチック車のトランスミッション部品

（クラッチドラム等）やエンジン関係部品（ロッカーアーム、低出力エンジンのピストン等）のような100℃

～250℃の高温で使用される部品が挙げられる。

【0035】＜本実施形態のマグネシウム合金と既存のAS41の製造容易性の違い＞次に、本実施形態のマグネシウム合金が半溶融射出成形に適している理由を説明する。図11は、本実施形態の合金と比較例の合金の溶解温度範囲を示す図である。

【0036】図11において、AZ 91DやAS41等の既存合金と本実施形態の合金とを半溶融射出成形法にて製造する場合、単純な試験片を少量成形するのであれば、どちらの合金もそのプロセスの利点を享受でき、クリープ特性や伸び特性が向上する。しかしながら、特にAS41と本実施形態のマグネシウム合金とは、以下の相違点がある。即ち、本実施形態の合金の半溶融温度域は、図11に示すように、AS41に比べると幅広く（130℃）またその温度も低い。半溶融射出成形においては、この温度域が広いほど加熱温度の制御が容易であり安定して高品質の製品が成形できることになる。更に、加熱温度が低く設定できるので図1に示すスクルー2やシリンダ4の耐久寿命が長くなる。一方、AS41では、半溶融状態から凝固完了までの温度幅（55℃）が非常に狭く加熱温度の制御が難しい。また、成形時の湯流れ性が悪く、特に薄肉形状の部品を成形することが困難となる。

【0037】半溶融温度範囲を広げる意味では、Al添加量を増加させる方が良い反面、耐クリープ特性は低下する。

【0038】しかしながら、へたりが問題となるトランスミッションケース等のボルト締結部分における実際の温度環境は最高でも120℃程度であり、この環境下ではSi添加量を増加させることで耐クリープ特性を確保することが可能である。図12は、温度120℃、負荷応力30MPa及び50MPa、試験時間100hでのクリープ試験結果を示す図である。図12に示すように、Si添加量を増加させることで、合金NO.5及びNO.6は、その温度環境120℃での耐クリープ特性が確保されている。

【0039】尚、本発明は、その趣旨を逸脱しない範囲で上記実施形態を修正又は変更したものに適用可能である。

【0040】

【発明の効果】以上のように、本発明のマグネシウム合金においては、重量%でアルミニウム5.0～10%、硅素0.2～1.0%、カルシウム0.05～0.5%を含有し、残部がマグネシウムからなるので、室温、高温のいずれにおいても耐クリープ性及び引張強度が優れ、低廉なマグネシウム合金を提供できる。

【0041】また、本発明のマグネシウム合金からなる部品の製造方法においては、重量%でアルミニウム5.0～10%、硅素0.2～1.0%を含有し、残部がマグネシウムからなるマグネシウム合金からなる部品を、半溶融成形にて成形するので、室温、高温のいずれにおいても耐クリープ性及び引張強度が優れ、低廉なマグネ

7

シウム合金からなる部品を提供できる。

【0042】

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態に係わるマグネシウム合金を用いてトランスミッション部品等を製造するための半溶融射出成形機の要部を簡略化して示す図である。

【図2】本実施形態となる成分範囲に含まれる8種類のマグネシウム合金と、この成分範囲外の3種類の比較例の化学組成を示す図である。

【図3】図2に示す各合金をダイカストにより製造した場合のクリープ試験結果を示す図である。

【図4】図2に示す各合金をダイカストにより製造した場合の引張試験結果を示す図である。

【図5】図2に示す各合金をダイカストにより製造した場合の引張試験結果を示す図である。

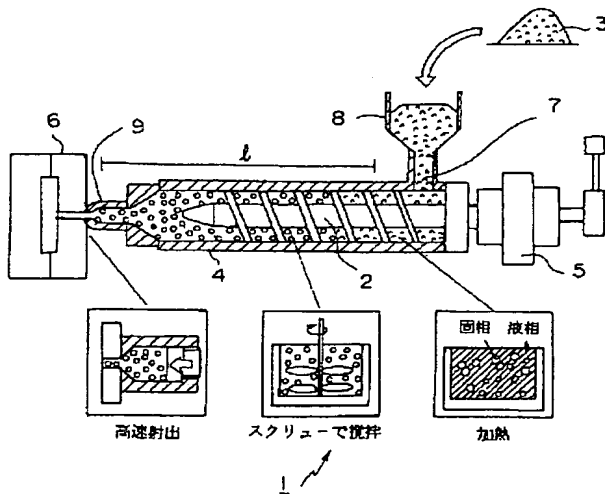
【図6】図2に示す各合金をダイカストにより製造した場合のクリープ試験結果を示す図である。

【図7】図2に示す各合金をダイカストにより製造した場合の引張試験結果を示す図である。

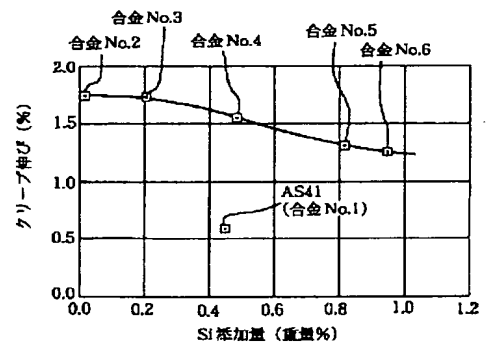
【図8】図2に示す各合金をダイカストにより製造した場合の引張試験結果を示す図である。

【図9】図2に示す各合金を半溶融射出成形により製造\*

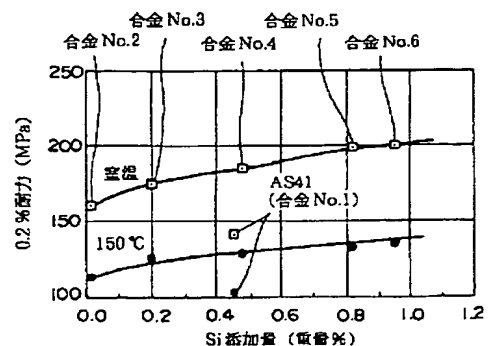
【図1】



【図3】



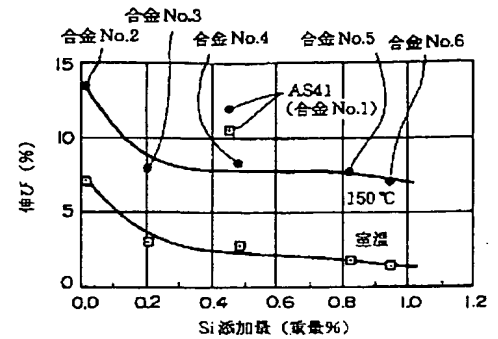
【図4】



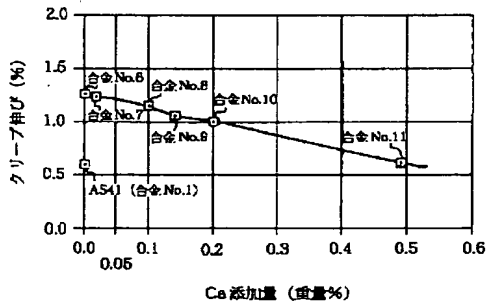
【図 2】

合金 No.		Al	Si	Ca	Mn	Zn
1	比較例 (規格化された合金 AS41)	4.39	0.45	0.0009	0.28	0.10
2	比較例 (規格化された合金 AZ91D)	8.84	0.02	< 0.0002	0.22	0.90
3	実施形態	8.59	0.20	< 0.0002	0.15	0.62
4	実施形態	8.68	0.48	< 0.0002	0.21	0.63
5	実施形態	8.55	0.82	< 0.0002	0.22	0.64
6	実施形態	8.65	0.93	< 0.0002	0.22	0.63
7	比較例 (Ca 量少)	8.80	0.92	0.02	0.21	0.65
8	実施形態	8.80	0.90	0.10	0.28	0.70
9	実施形態	8.75	0.93	0.14	0.24	0.67
10	実施形態	8.68	0.89	0.20	0.25	0.62
11	実施形態	8.70	0.90	0.49	0.21	0.65

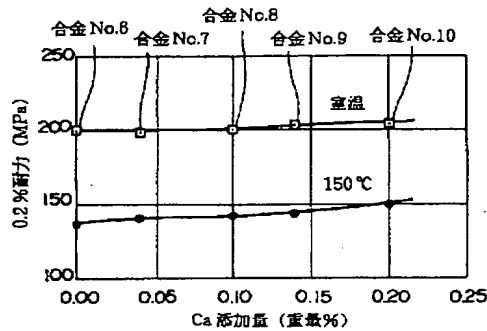
【図 5】



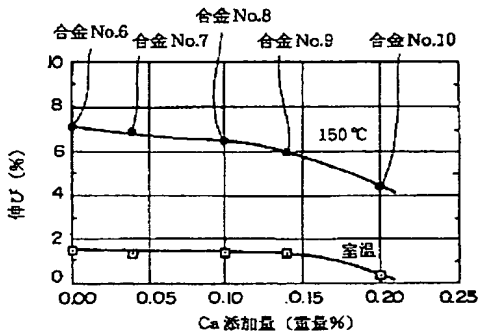
【図 6】



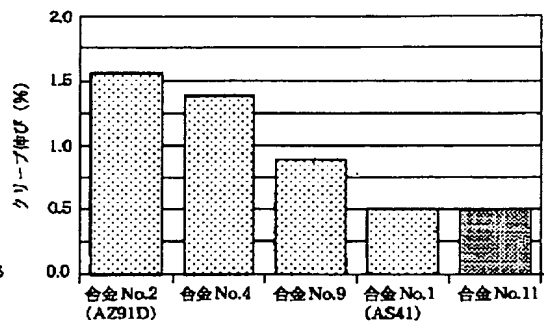
【図 7】



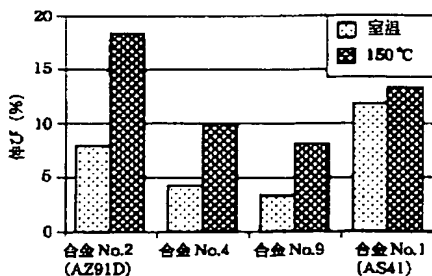
【図 8】



【図 9】



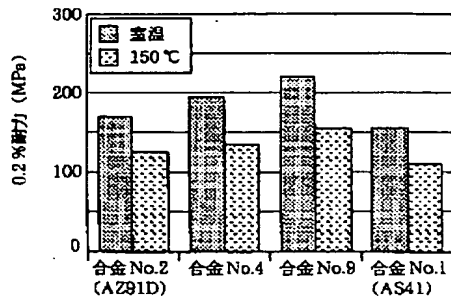
【図 10 B】



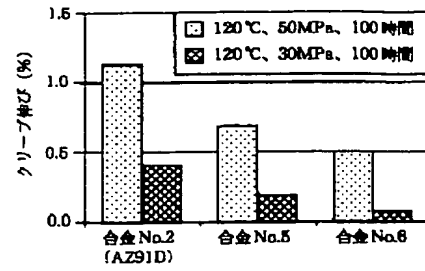
【図 11】

合金 No.		溶解温度範囲 (幅) /°C
1	比較例 (規格化された合金 AS41)	565~620 (55)
5, 6	実施形態	470~600 (130)

【図10A】



【図12】



フロントページの続き

(72)発明者 山本 幸男  
 広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ  
 株式会社内